

---

# UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination  
2010/2011 Academic Session

November 2010

## **EAL 334/4 – Highway Engineering** *[Kejuruteraan Lebuhraya]*

Duration : 3 hours  
*[Masa : 3 jam]*

---

Please check that this examination paper consists of **TWENTY ONE (21)** pages of printed material including appendices before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **DUA PULUH DUA (22)** muka surat yang bercetak termasuk lampiran sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]*

**Instructions** : This paper contains **SIX (6)** questions. Answer **FIVE (5)** questions.

**Arahan** : Kertas ini mengandungi **ENAM (6)** soalan. Jawab **LIMA (5)** soalan.

You may answer the question either in Bahasa Malaysia or English.

*[Anda dibenarkan menjawab soalan sama ada dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris].*

All questions **MUST BE** answered on a new page.

*[Semua soalan **MESTILAH** dijawab pada muka surat baru].*

In the event of any discrepancies, the English version shall be used.

*[Sekiranya terdapat percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai].*

1. (a) As a first step of identifying route location to conduct office study of existing Information you are given a contour plot shown in Figure 1. Sketch the horizontal and vertical alignment at cross section **A-B**.  
[4 marks]
- (b) Based on the field survey and road design, typical cross sections (**B1**, **B2** and **B3**) are shown in Figure 1 and Figure 2. Table 1 shows data of cut and fill areas. The distance between section is 75 meter. You are asked to determine the total volume ( $\text{m}^3$ ) of cut and fill.  
[5 marks]
- (c) Using the sketch of Figure 1, locate a suitable route location from **A** to **B** with only one horizontal curve. Discuss your answer.  
[3 marks]
- (d) Based on your answer in part (c), design longitudinal surface drainage system along **A-B** (left and right side) based on the water flow directions and design an appropriate longitudinal ditch.  
[4 marks]
- (e) From the route location and design as shown in Figure 3, it shows that one horizontal curve is required. Based on field survey, it was found that the curve is located in steep up hill, highly rainfall area, small radius of a circular curve (the curve is sharp) with a two-way two-lane traffic having maximum traffic speed 30 km/hr. Based on these situation, you are asked to design the necessary traffic signs and pavement markings. Discuss your answer.  
[4 marks]

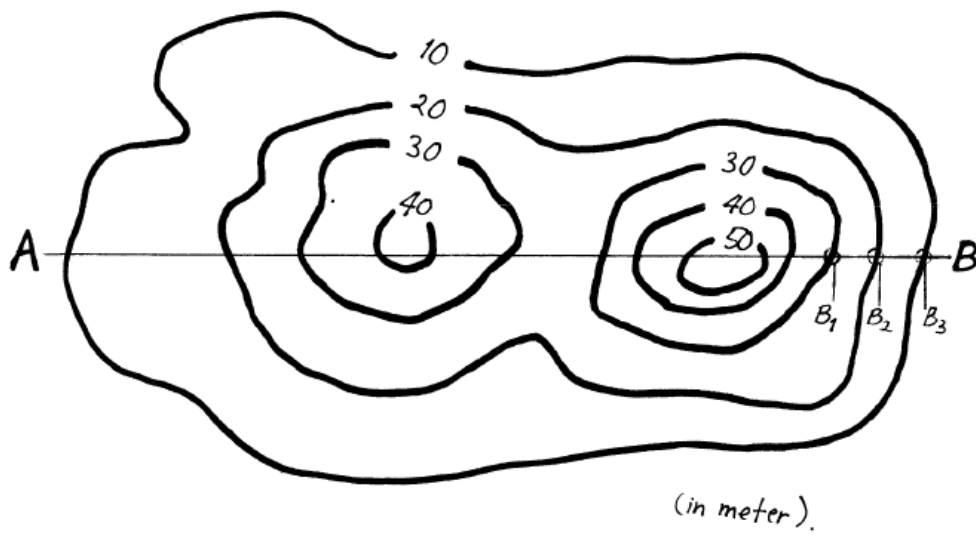


Figure 1 Contour

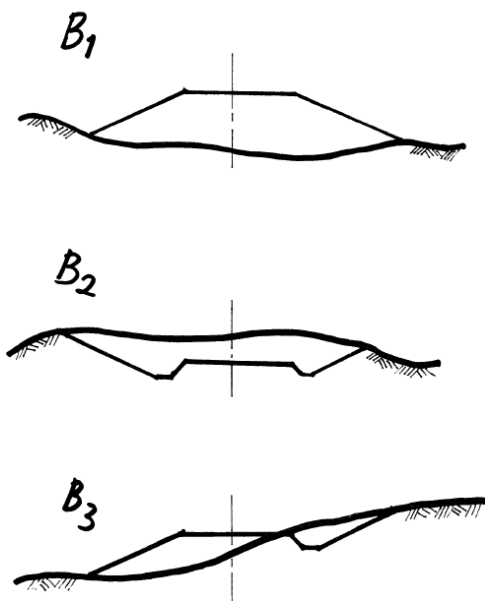


Figure 2 Cross section B1, B2 and B3

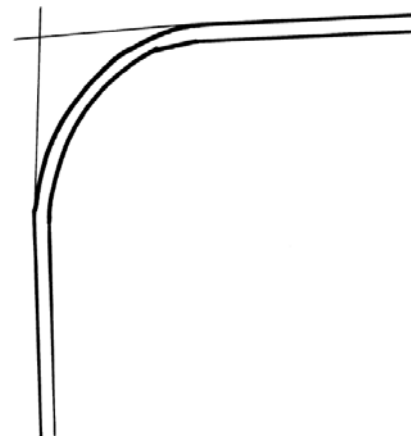


Figure 3 Horizontal curve

Table 1 Area of Cut and Fill

End Area		
Section	Cut (m <sup>2</sup> )	Fill (m <sup>2</sup> )
B1	1	50
B2	30	2
B3	20	25

2. (a) In a quarry, stockpiles are built after the aggregates are crushed to the desired size ranges. Consider a quarry operator building a 20 mm single-sized aggregate stockpile by employing the following bad practices:

- No padding or separation material between the earth's surface and aggregate stockpile base.
- The stockpile was placed in a single cone type with large vertical drop.
- The 20 mm stockpile was placed close to another 10 mm stockpile without any bulkhead to separate the two.

- i) What adverse effects does each of the above techniques have on the resultant stockpile quality?
- ii) Quality asphalt begins with proper management of the aggregate stockpile. Consider yourself as being appointed as advisor to the quarry operator to improve his mix. Explain your recommendations to improve the stockpile quality.
- iii) The quarry operator intends to build up a quarry dust stockpile (5mm downwards). What additional steps would you recommend to the quarry operator to ensure quality asphalt mixes?

[10 marks]

- (b) You are awarded with a road construction project. Several quarries in the vicinity are available to supply aggregates for your road project. Describe briefly TWO (2) factors that influence your choice of aggregate source.

[5 marks]

- (c) An indicator test for aggregate quality in the Malaysian Public Works Department specifications is Aggregate Crushing Value (ACV). Describe briefly the purpose of the test and how does the test simulates field behaviour?

[5 marks]

3. (a) Sieve analysis tests were carried out on Aggregates A, B and C and the results are shown in Table 2.

Table 2

Sieve Size (mm)	Cumulative Percentage Passing		
	Aggregate A	Aggregate B	Aggregate C
28	100	100	100
20	100	92	80
14	89	85	69
10	72	75	45
5	61	54	32
3.35	50	40	15
1.18	30	25	8
0.075	10	8	4

From the above test results, report the following values for each aggregate as used in Superpave:

- Maximum aggregate size
- Nominal maximum aggregate size

[4 marks]

- (b) In the asphalt industry, bitumen, a derivative of crude oil, is the most prevalent binder type used to prepare asphalt mixes. This conventional bitumen is further processed to produce one of the following binder types:

- Cutback
- Emulsions
- Blown bitumen
- Polymer modified binder

- Choose TWO (2) of the above binder types and briefly explain their production methods and their main properties.
- Would you use cutbacks for prime coat or tack coat? State your reasons.
- You are awarded with a road project with daily temperature fluctuating between 79°C and 29°C. Which binder type would you recommend and state the reasons why.

[10 marks]

- (c) Two bitumen types A and B, were used in constructing two separate asphalt pavements. These bitumen had original penetration values of 98 and 65 pen respectively when tested at 25<sup>0</sup>C. After 9 years in service, pavement cores were obtained and the aged binders were recovered for standard penetration testing. Penetration values of 38 and 23 pen were obtained for aged bitumen A and B respectively.
- i) From the virgin and recovered penetration values, which binder had aged (hardened) more in service and why?
- ii) Briefly describe ONE (1) mechanism that may cause the binder to harden.

[6 marks]

4. (a) Asphaltic concrete is widely used on Malaysian roads. Sketch the particle size distribution or aggregate gradation of this mix type. What are the functions of coarse aggregate, fine aggregate, filler and binder in this mix type?

[5 marks]

- (b) Asphalt mixtures are designed to determine its optimum bitumen content. The JKR mix design method is based on the Marshall test. Consider an asphalt mixture whose composition is shown in Table 3. The Marshall stability test was carried out and the results are shown in Table 4, which also indicate the specimen mass. The JKR specifications are given in Table 5. Plot the relevant curves on a graph paper to determine the optimum bitumen content using the JKR method. Comment on the results.

[10 marks]

Table 3

Mix Constituent	Composition (%)	Specific Gravity
Coarse aggregate	40	2.65
Fine aggregate	54	2.67
Filler	6	2.79
Bitumen	5%, 6%, 7%	1.02

Table 4

Bitumen Content (%)	Mass in air (g)	Mass Saturated Surface Dried (g)	Mass in water (g)	Stability (kN)*	Flow (mm)
5.0	1205.8	1207.7	669.9	8.2	1.8
6.0	1199.5	1200.4	686.3	11.8	2.5
7.0	1193.2	1195.4	680.1	9.9	4.1

\* Assume all specimens tested for stability are 63.5 mm in height.

Table 5

Properties	Specification
Stability, kN	$\geq 5$
Flow, mm	$\leq 2 - 4$
Air Voids, %	3 - 5
Voids filled with bitumen, %	75 - 82

(c) Aggregates and crude oil (from which bitumen is derived) are depleting resources and once exploited will disappear forever. The oil industry prefers to crack bitumen into other higher value added products. Escalating price of bitumen appears imminent and is already taking place. To ensure survival of the asphalt industry, more emphasis must be given to sustainable practices aimed at asphalt cost reduction and conservation of the environment which includes wide application of the following:

- Warm mix asphalt
- Recycling
- Waste materials

Choose ONE (1) and explain how it contributes to sustainable development for the road industry.

[5 marks]

5. (a) Explain the differences in terms of load distribution on a flexible pavement as compared to rigid pavement. What are the factors to be considered when selecting a suitable pavement type?

[6 marks]

- (b) Explain what do you understand by the terminology “design life” and what is the design life recommended by JKR in the design of a flexible pavement?

[4 marks]

- (c) A road is to be constructed on a subgrade with California Bearing Ratio (CBR) of 5.5%. The road is estimated to take an equivalent standard axle of 15 million after 10 years design period. The desired thickness of the pavement courses are as follows:

Sub-base layer	-	180 mm
Road base layer	-	200 mm
Binder course layer	-	100 mm
Wearing course layer	-	50 mm

Suggest suitable materials for each course. Give your reasons for suggesting such materials.

[10 marks]

6. (a) The most commonly used asphalt mixing plant in Malaysia is the drum mix.
- i) Highlight the main differences between drum and batch asphalt mixing plants.
- ii) Typically, asphalt produced by the drum mix is loaded directly into trucks via a surge bin. With the aid of sketches, describe briefly the loading procedure to minimize mix segregation in the truck.

[7 marks]



(b) In the context of good asphalt paving practice at site, write short notes on best practices during the following road construction activities:

- i) Spraying tack coat before laying the wearing course
- ii) Transferring mix from the tip truck to paver hopper
- iii) Hand casting
- iv) Longitudinal joint construction

[8 marks]

(c) After years in service, pavements are subjected to various kinds of surface distress such as:

- Alligator cracks
- Permanent deformation
- Potholes
- Ravelling
- Bleeding

Choose TWO (2) of the above surface distress types and with the aid of sketches, explain their formation.

[5 marks]

1. (a) *Sebagai langkah pertama mengenalpasti lokasi laluan adalah menyelidiki maklumat daripada kajian yang lalu. Diberikan plot lereng yang ditunjukkan pada Rajah 1. Lakarkan penyelarasan mendatar dan menegak pada bahagian melintang A-B.*

*[4 markah]*

- (b) *Berdasarkan kepada kajian lapangan dan reka bentuk jalan, lukisan keratan rentas (B1, B2 dan B3) seperti pada Rajah 1 dan Rajah 2. Jadual 1 menunjukkan data kawasan yang dipotong dan diisi semula. Jarak berhampiran penampang adalah 75 meter. Anda diminta untuk menentukan jumlah keseluruhan isipadu ( $m^3$ ) kawasan yang dipotong.*

*[5 markah]*

- (c) *Dengan menggunakan lakaran Rajah 1, lakarkan lokasi yang sesuai bagi laluan dari A ke B dengan hanya satu lengkung melintang. Bincangkan jawapan anda.*

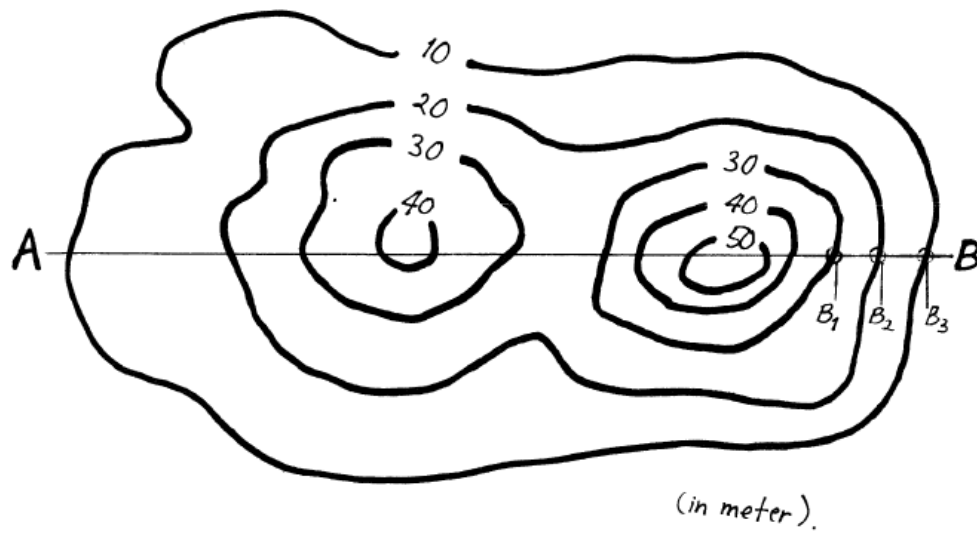
*[3 markah]*

- (d) *Dengan berdasarkan jawapan anda dalam bahagian (c), lakarkan sistem peparit permukaan membujur sepanjang A-B (kiri dan kanan) berdasarkan arah aliran air dan rekabentuk saluran longitud dengan tepat.*

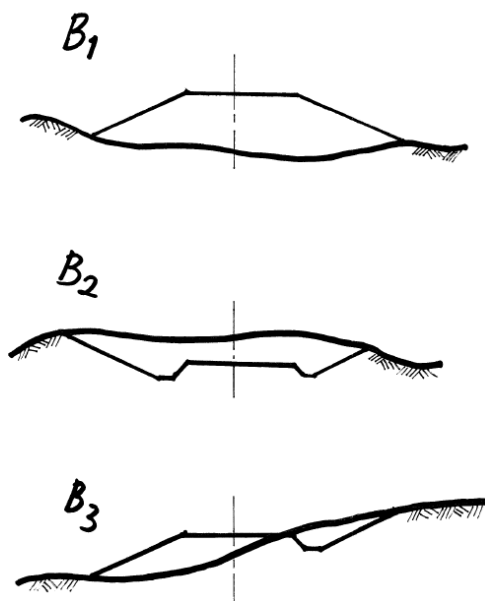
*[4 markah]*

- (e) *Dari lokasi laluan dan lakaran seperti dalam Rajah 3, menunjukkan bahawa satu lengkung melintang adalah diperlukan. Berdasarkan kajian kawasan, diketahui bahawa kawasan tersebut terletak di atas kawasan naik turun yang curam, curah hujan yang sangat tinggi jejari lengkung bulatan sangat kecil (lengkung yang tajam) dengan jalan dua-lorong dua-arah dengan kelajuan maksimum 30 km / jam. Berdasarkan situasi tersebut, anda diminta untuk merancang tanda-tanda lalu lintas dan tanda-tanda turapan yang diperlukan. Bincangkan jawapan anda.*

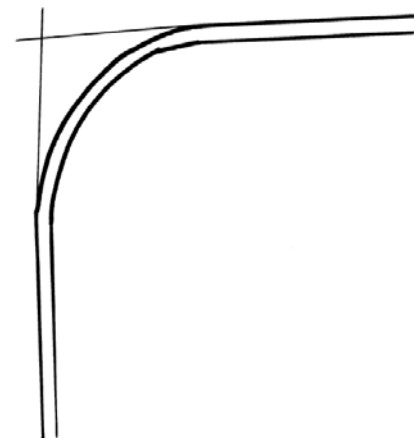
*[4 markah]*



Rajah 1 Lereng



Rajah 2 Keratan rentas B1, B2 dan B3



Rajah 3 Lengkung Melintang

Jadual 1 Kawasan Potong dan Mengisi

Kawasan Penamat		
Section	Cut ( $m^2$ )	Fill ( $m^2$ )
B1	1	50
B2	30	2
B3	20	25

2. (a) *Di kuari, timbunan stok dibina setelah agregat dihancurkan ke saiz yang dikehendaki. Pertimbangkan seorang operator kuari membina timbunan stok agregat bersaiz tunggal 20 mm menggunakan amalan berikut yang tidak baik:*

- *Tiada pelapik atau bahan pengasing di antara permukaan muka bumi dan tapak timbunan stok agregat.*
- *Timbunan stok di bina dalam bentuk “single cone” dan jatuhnya tegak yang tinggi.*
- *Timbunan stok 20 mm ditempatkan bersebelahan dan berdekatan dengan timbunan stok 10 mm tanpa pengadangan di antara keduanya.*

- i) *Apakah kesan buruk setiap teknik tersebut di atas ke atas kualiti timbunan stok?*
- ii) *Asfalt berkualiti bermula dengan pengurusan timbunan stok yang baik. Anggamlah anda dilantik menjadi penasihat kepada pengusaha kuari untuk meningkatkan mutu campuran yang dihasilkan. Terangkan dengan jelas saranan anda untuk menambahbaik mutu timbunan stok.*
- iii) *Pengusaha kuari ingin membina satu timbunan stok debu kuari (saiz 5 mm ke bawah). Apakah langkah tambahan yang akan anda cadangkan kepada pengusaha kuari ini untuk memastikan kualiti campuran asfalt yang terhasil?*

*[10 markah]*

(b) *Anda mendapat tender untuk projek pembinaan jalan raya. Beberapa kuari berdekatan berpotensi untuk membekalkan agregat kepada projek jalan raya anda. Terangkan secara ringkas DUA (2) faktor yang mempengaruhi anda semasa membuat pilihan sumber agregat.*

*[5 markah]*

(c) *Satu ujian penilaian kualiti agregat yang termaktub di dalam spesifikasi Jabatan Kerja Raya Malaysia ialah Nilai Penghancuran Agregat (ACV). Terangkan secara ringkas tujuan ujian dan bagaimanakah ujian ini mensimulasi keadaan yang berlaku di tapak?*

3. (a) *Ujian ayakan dijalankan ke atas Agregat A, B dan C dan keputusan ujian ditunjukkan di dalam Jadual 2.*

*Daripada keputusan tersebut, laporkan nilai berikut untuk setiap agregat seperti yang digunakan dalam system Superpave:*

- *Saiz agregat maksimum*
- *Saiz agregat maksimum nominal*

[4 markah]

*Jadual 2*

<i>Saiz Ayak (mm)</i>	<i>Peratusan Melempi Kumulatif</i>		
	<i>Agregat A</i>	<i>Agregat B</i>	<i>Agregat C</i>
28	100	100	100
20	100	92	80
14	89	85	69
10	72	75	45
5	61	54	32
3.35	50	40	15
1.18	30	25	8
0.075	10	8	4

- (b) *Dalam industri asfalt, bahan bitumen yang diperolehi daripada minyak mentah, merupakan jenis pengikat yang paling lumrah digunakan untuk menghasilkan campuran asfalt. Bahan bitumen lazim ini seterusnya diproses untuk menghasilkan satu daripada jenis pengikat berikut:*

- *Bitumen cecair*
- *Emulsi*
- *Bitumen tertiup*
- *Pengikat terpadu polimer*

- (i) *Pilih DUA (2) jenis pengikat tersebut di atas dan terangkan secara ringkas kaedah penghasilan dan ciri utamanya.*
- (ii) *Apakah anda akan menggunakan bitumen cecair untuk salutan perdana atau salutan jejalur ? Nyatakan alasan anda.*
- (iii) *Anda mendapat tawaran membina projek jalan raya yang terdedah kepada perubahan suhu harian di antara 79°C dan 29°C. Apakah jenis bahan pengikat yang akan anda gunakan dan nyatakan alasan anda.*

[10 markah]

(c) Dua jenis Bitumen A dan B, digunakan untuk membina dua turapan asphalt yang berlainan. Nilai penusukan asal (pada suhu piawai 25°C) untuk dua bahan pengikat tersebut ialah 98 dan 65 masing-masing. Selepas 9 tahun beroperasi, teras turapan diperolehi dan ujian penusukan piawai dijalankan ke atas bitumen terusia yang diperolehi. Nilai penusukan sebanyak 38 dan 23 didapati untuk bitumen terusia A dan B masing-masing.

(i) Daripada nilai penusukan pengikat asal dan pengikat 'recovered', pengikat manakah yang telah terusia lebih (menjadi lebih keras) semasa dalam operasi dan kenapa?

(ii) Terangkan secara ringkas satu mekanisme yang membuatkan pengikat mengeras.

[6 markah]

4. (a) Konkrit asphalt digunakan secara meluas pada jalan raya di Malaysia. Lakarkan taburan saiz zarah atau penggredan agregat jenis campuran ini. Apakah fungsi agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi dan pengikat di dalam campuran jenis ini?

[5 markah]

(b) Campuran asphalt direkabentuk untuk menentukan nilai kandungan bitumen optimum. Kaedah reka bentuk campuran menurut JKR adalah berdasarkan ujian Marshall. Pertimbangkan suatu campuran asphalt yang komposisinya ditunjukkan di dalam Jadual 3 Ujian kestabilan Marshall dijalankan dan keputusannya ditunjukkan di dalam Jadual 4, yang juga menunjukkan jisim sampel. Spesifikasi JKR ditunjukkan di dalam Jadual 5.

Plot lengkung yang berkaitan di atas kertas graf untuk menentukan nilai kandungan bitumen optimum menggunakan kaedah JKR. Komen keputusan yang anda perolehi.

Table 3

<i>Komponen Campuran</i>	<i>Komposisi (%)</i>	<i>Graviti Tentu</i>
<i>Agregate Kasar</i>	<i>40</i>	<i>2.65</i>
<i>Agregate Halus</i>	<i>54</i>	<i>2.67</i>
<i>Pengisi</i>	<i>6</i>	<i>2.79</i>
<i>Bitumen</i>	<i>5%, 6%, 7%</i>	<i>1.02</i>

Table 4

<i>Kandungan Bitumen (%)</i>	<i>Jisim di Udara (g)</i>	<i>Jisim Permukaan Tepu Kering (g)</i>	<i>Jisim di dalam Air (g)</i>	<i>Kestabilan (kN)*</i>	<i>Aliran (mm)</i>
<i>5.0</i>	<i>1205.8</i>	<i>1207.7</i>	<i>669.9</i>	<i>8.2</i>	<i>1.8</i>
<i>6.0</i>	<i>1199.5</i>	<i>1200.4</i>	<i>686.3</i>	<i>11.8</i>	<i>2.5</i>
<i>7.0</i>	<i>1193.2</i>	<i>1195.4</i>	<i>680.1</i>	<i>9.9</i>	<i>4.1</i>

\* Andaikan ketinggian semua spesimen yang diuji untuk kestabilan ialah 63.5 mm.

Table 5

<i>Sifat</i>	<i>Spesifikasi</i>
<i>Kestabilan, kN</i>	<i><math>\geq 5</math></i>
<i>Aliran, mm</i>	<i><math>\leq 2 - 4</math></i>
<i>Lompang Udara, %</i>	<i>3 - 5</i>
<i>Lompang Terisi Bitumen, %</i>	<i>75 - 82</i>

(c) *Agregat dan minyak mentah (yang daripadanya bitumen dihasilkan) adalah bahan semula jadi yang sekiranya digunakan akan hilang untuk selamanya. Industri minyak lebih gemar menghasilkan bahan bernilai tinggi daripada bitumen. Justeru, harga bitumen telah meningkat. Untuk menjamin kelangsungan industri asfalt, lebih tumpuan mestilah diberikan kepada praktik lestari yang bertujuan untuk menurunkan kos penghasilan asfalt dan pemuliharaan alam sekitar dan ini termasuklah aplikasi bahan berikut:*

- *Asfalt campuran suam*
- *Kitar semula*
- *Bahan buangan*

*Pilih SATU (1) dan terangkan bagaimana ia menyumbang kepada pembangunan lestari untuk industri asfalt.*

*[5 markah]*

5. (a) *Terangkan perbezaan dari segi pengagihan beban oleh turapan boleh lentur berbanding dengan turapan tegar. Apakah faktor-faktor yang perlu diambil kira dalam pemilihan jenis turapan yang bersesuaian?*

*[6 markah]*

(b) *Terangkan apakah yang anda faham dengan istilah “hayat rekabentuk” dan apakah hayat rekabentuk yang dicadangkan oleh JKR dalam rekabentuk turapan boleh lentur?*

*[4 marks]*

(c) *Sebatang jalanraya akan dibina di atas tanah subgred yang mempunyai nilai Nisbah Galas California (NGC) 5.5%. Jalan itu dijangka akan menanggung sebanyak 15 juta gandar piawai untuk 10 tahun hayat reka bentuk. Ketebalan lapisan turapan yang dikehendaki adalah seperti berikut:*



<i>Lapisan sub-tapak</i>	-	<i>180 mm</i>
<i>Lapisan tapak</i>	-	<i>200 mm</i>
<i>Lapisan pengikat</i>	-	<i>100 mm</i>
<i>Lapisan penghausan</i>	-	<i>50 mm</i>

*Cadangkan bahan yang sesuai digunakan untuk setiap lapisan. Berikan sebab mengapa bahan-bahan tersebut dipilih.*

*[10 markah]*

6. (a) *Jenis loji penghasilan asphalt yang paling popular ialah loji berterusan atau loji gelendong.*

- (i) *Nyatakan perbezaan ketara di antara loji campuran gelendong dan loji campuran kelompok.*
- (ii) *Lazimnya, asphalt yang dihasilkan oleh loji campuran asphalt dimuatkan ke dalam trak melalui “surge bin”. Berbantukan lakaran, terangkan secara ringkas tatacara memunggah yang betul untuk meminimumkan pengasingan campuran di dalam trak.*

*[7 markah]*

(b) *Dalam konteks praktik penurapan asphalt di tapak, tulis nota ringkas tentang praktik terbaik semasa aktiviti pembinaan jalan raya berikut:*

- (i) *Menyebarkan salut jelujur sebelum menurap lapisan penghausan.*
- (ii) *Mengalih campuran dari trak ke dalam ‘hopper’ penurap*
- (iii) *Kerja tangan*
- (iv) *Pembinaan sambungan membujur*

*[8 markah]*

(c) *Setelah berada dalam perkhidmatan selama beberapa tahun, turapan terdedah kepada pelbagai jenis kerosakan permukaan seperti:-*

- *Retak buaya*
- *Ubah bentuk kekal*
- *Lubang kawah*
- *'Ravelling'*
- *Penjujukan*

*Pilih DUA (2) daripada kerosakan permukaan tersebut di atas dan berbantuan lakaran, terangkan bagaimana ia terbentuk.*

*[5 markah]*

## LAMPIRAN 1

### Pekali Struktur Lapisan [Structure Layer Coefficients]

(Sumber: Jabatan Kerja Raya Malaysia, *Arahan Teknik (Jalan) 5/85*. Manual of Pavement Design. Dengan Izin Jabatan Kerja Raya Malaysia)

Komponen [Component]	Jenis Lapisan [Type of Layer]	Ciri [Property]	Pekali [Coefficient]
Lapisan penghausan dan pengikat [Wearing and Binder Course]	Konkrit terasfalt [Asphalt Concrete]		1.00
Tapak Jalan [Roadbased Course]	Macadam berbitumen tumpat [Dense Bituminous Macadam]	Jenis 1: [Type 1] Kestabilan > 400 kg [Stability]	0.80
		Jenis 2: [Type 2] Kestabilan > 300 kg [Stability]	0.55
	Distabilkan oleh simen [Cement Stabilized]	Kekuatan mampatan tak berkurang (7 hari) 30-40 kg/cm <sup>2</sup> [Unconfined compressive strength 7 days] 30-40 kg/cm <sup>2</sup>	0.45
	Agregat terhancur yang distabilkan secara mekanik [Mechanically stabilized crushed aggregate]	NGC ≥ 80%	0.32
Subtapak [Subbase]	Pasir, laterit dan lain-lain [Sand, laterite etc.]	NGC ≥ 20%	0.23
	Agregat terhancur [Crushed aggregate]	NGC ≥ 30%	0.25
	Distabilkan oleh simen [Cement stabilized]	NGC ≥ 60%	0.28

## LAMPIRAN 2

Ketebalan Lapisan Piawai dan Pembinaan [*Minimum Layer Thickness*]  
(Sumber: Jabatan Kerja Raya Malaysia, *Arahan Teknik (Jalan) 5/85*. Manual on Pavement Design. Dengan Izin Jabatan Kerja Raya Malaysia

Jenis Lapisan [ <i>Type of layer</i> ]		Ketebalan Minimum (m) [ <i>Minimum thickness</i> ]
Lapisan penghausan [ <i>Wearing course</i> ]		4
Lapisan pengikat [ <i>Binder course</i> ]		5
Tapak [ <i>Base course</i> ]	Berbitumen [ <i>Bituminous</i> ]	5
	Campuran basah [ <i>Wet mix</i> ]	10
	Dirawat simen [ <i>Cement treated</i> ]	10
Subtapak [ <i>Subbase course</i> ]	Berbutir [ <i>Granular</i> ]	10
	Dirawat simen [ <i>Cement treated</i> ]	15

Ketebalan Minimum Lapisan Berbitumen [*Minimum thickness of bituminous layer*]  
(Sumber: Jabatan Kerja Raya Malaysia. *Arahan Teknik (Jalan) 5/85*. Manual on Pavement Design. Dengan Izin Jabatan Kerja Raya Malaysia.

$T_A'$	Tebal Keseluruhan Minimum Lapisan berbitumen (cm) [ <i>Total thickness of bituminous layer</i> ]
< 17.5	5.0
17.5 – 22.5	10.0
23.0 – 29.5	15.0
> 30.0	17.5

### LAMPIRAN 3

Helaian ini hendaklah digunakan semasa menjawab soalan no. 5(c) dan diserahkan bersama dengan buku jawapan anda.

